CREDEN

CAHIERS DE RECHERCHE

STOCKAGE ET CONCURRENCE

DANS LE SECTEUR GAZIER

Edmond BARANES, François MIRABEL

et Jean-Christophe POUDOU

Cahier N° 03.11.42

5 novembre 2003

Centre de Recherche en Economie et Droit de l'ENergie – CREDEN
Université de Montpellier I
Faculté des Sciences Economiques
BP 9606
34 054 Montpellier Cedex France
Tel. : 33 (0)4 67 15 83 17
Fax. : 33 (0)4 67 15 84 04
e-mail : baranes@univ-montp1.fr

Stockage et Concurrence dans le secteur gazier*

Edmond BARANES, Francois MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU

Novembre 2003

Résumé

Dans le cadre de ce papier le modèle présenté permet de discuter certains aspects de l'Accès des Tiers au Stockage (ATS) dans le secteur gazier. Dans la lignée de la littérature sur les achats stratégiques dans les relations verticales, nous intégrons une activité intermédiaire de stockage, au travers de laquelle les acteurs peuvent injecter ou soutirer de la ressource de manière stratégique. On montre alors que dans certaines configurations de marché, l'ATS peut être utilisé stratégiquement par des concurrents en aval, qui détiennent la ressource en gaz. L'objectif de cette stratégie est de distordre la formation du prix sur le marché intermédiaire. L'incitation pour les pétro-gaziers présents en aval est alors de faire des offres négatives sur le marché intermédiaire afin de manipuler à la hausse le prix intermédiaire et d'augmenter ainsi le coût du rival (le distributeur indépendant). Cette stratégie du producteur-distributeur a tendance à réduire l'efficacité collective de l'industrie gazière. Les résultats montrent qu'il semble alors possible de réduire, ou même d'annuler, cette distorsion en permettant l'intégration du stockage à la distribution (distributeur indépendant).

*Cet article a bénéficié du soutien financier de la Direction de la Recherche de Gaz de France. Nous remercions les participants du congrés annuel de l'AFSE (Paris, 2003).

1 Introduction

La Commission Européenne prône aujourd'hui l'accès des tiers au stockage pour favoriser la concurrence et permettre l'entrée de nouveaux acteurs sur le marché déréglementé. Au vu de l'expérience anglaise, certains observateurs soulignent la nécessité d'une mise en concurrence des sites de stockage et soulignent l'intérêt d'un développement des activités commerciales du stockage qui devraient permettre une utilisation plus rationnelle des sites.

La position de Bruxelles sur la place, le rôle et le degré d'ouverture des sites de stockage de gaz a profondément évolué ces dernières années. Ainsi, dans la directive gazière d'août 1998, il est prévu un accès direct au stockage seulement dans certaines circonstances : « *l'accès aux capacités de stockage est possible seulement quand cet accès est techniquement nécessaire pour fournir un accès efficace aux réseaux de transport et/ou de distribution* ». Dans ce cas, l'accès au stockage ne peut pas être donné de manière indépendante d'un accès au système de transport. L'accès proposé par la directive fait référence à un accès au « système » de transport intégrant le stockage.

Le 25 Novembre 2002, les Ministres de l'Energie des Etats membres sont arrivés à un accord selon lequel, en 2004, les sites de stockage devront être ouverts à des Tiers ; cet accès pourra être réglementé ou négocié.

Dans ce contexte, même si l'accès des Tiers aux installations de stockage semble assuré pour 2004, des questions demeurent sur plusieurs points :

- Sur quelle base l'allocation des capacités de stockage devra-t-elle se faire ? Cette question renvoie aux règles d'attribution qu'il faudra mettre en place pour sélectionner les Tiers lorsque les demandes seront excédentaires par rapport aux capacités disponibles (Règle du premier arrivé premier servi ou règle du grand-père, enchères, sélection sur dossier ou concours de beauté, ordre de priorité en fonction du rôle et de l'utilisation du stockage par chacun des demandeurs, accès réservé uniquement pour certaines fonctions du stockage, etc...
- L'accès des Tiers au Stockage sera-t-il réglementé ou négocié ? En d'autres termes, les tarifs pratiqués par les exploitants des sites de stockages seront-ils négociés entre les parties ou réglementés de manière très stricte ?
- Certaines fonctions dévolues aux stockages sont-elles amenées à se développer ? Dans ce cadre, les activités commerciales de court terme du stockage (arbitrages sur les prix) vont-elles prendre plus d'importance ou au contraire rester marginales ?
- La totalité des sites de stockage devra-t-elle être ouverte ou peut-on envisager la réservation et l'affectation réglementée d'une quantité de stockage pour répondre à certaines exigences, notamment en termes de sécurité d'approvisionnement (stockage de sécurité) ?

Dans la littérature théorique, on considère traditionnellement que le stockage est un investissement qui permet aux firmes d'ajuster leur offre lorsque la demande est incertaine ou lorsqu'elle est soumise à des fluctuations conjoncturelles. La littérature économique reconnaît ainsi trois grandes motivations qui permettent d'expliquer l'incitation des firmes à stocker : la spéculation, la précaution et le lissage de la production. La fonction spéculative du stockage est relativement bien admise. Dans ce cas, le stockage permet aux firmes de tirer des rentes positives dans une situation où un choc exogène, par exemple, vient affecter le prix de marché du produit stocké. Le motif de précaution correspond à un rôle de régulation ; le stock permet alors aux firmes de réguler l'approvisionnement des marchés face à une demande incertaine lorsque la capacité de production des firmes n'est pas très élastique. Enfin, les firmes peuvent décider de stocker pour lisser les fluctuations saisonnières de la demande. A coté de ces fonctions traditionnelles, le stockage occupe une place non négligeable dans la littérature relative à la concurrence oligopolistique dans un cadre dynamique. Ainsi, par exemple, Kirman et Sobel (1974) et Phlips et Richard (1989) analysent le rôle du stock dans la discrimination intertemporelle par les prix. Le stockage introduit alors une dépendance tarifaire intertemporelle dans le sens où les décisions prises à une période dépendent des actions des périodes précédentes.

Le rôle stratégique du stockage a été initialement étudié par Saloner (1987) et Pal (1996). Le stockage joue un rôle stratégique s'il affecte les décisions des firmes rivales aux périodes futures. Cet aspect du stockage provient du fait qu'il peut servir pour les firmes comme un moyen d'engagement par les quantités. Une firme oligopolistique peut être incitée à un investir dans du stock pour tenter de pré-empter la production future de ses concurrents. Saloner (1987) et Pal (1996) considèrent un modèle de duopole dans lequel, à la première période, les firmes décident du niveau de leurs avances en termes de production (qu'ils apparentent à du stock) et ensuite, dans une seconde période, vendent sur le marché leurs produits . Ils montrent que lorsqu'il existe un leader de Stackelberg, les firmes peuvent être incitées à produire à l'avance même si la production est plus coûteuse dans la première période. Mollgaard, Poddar et Sasaki (2000) et Poddar, Sasaki (2000) étudient l'incitation des firmes à stocker lorsque les firmes décident simultanément de leurs actions. Alors que dans un modèle de Stackelberg l'accroissement du profit n'est pas ambigu, le stockage peut ne pas être un équilibre dans les modèles où les choix sont simultanés.

Toute cette littérature qui étudie le caractère stratégique du stockage s'intéresse particulièrement au stockage de biens finals. Or, un grand nombre d'industries, par exemple les industries de réseaux, sont organisées verticalement. Le stockage peut alors concerner un bien intermédiaire. Comment la possibilité de stockage peut modifier les décisions stratégiques des firmes en amont et en aval ? Quels sont alors dans ce cadre les effets de l'intégration verticale ?

La littérature sur l'intégration verticale et les stratégies de forclusion fournissent un certain nombre d'arguments permettant d'apporter des éléments de réponses à ces questions.

Le modèle développé par Salinger (1988) étudie les effets sur le prix intermédiaire et le prix final d'une intégration verticale sachant qu'elle s'accompagne de la forclusion. Concernant le prix intermédiaire, il distingue deux effets de l'intégration verticale : un effet demande et un effet offre. L'effet demande traduit le fait que l'intégration verticale lorsqu'elle s'accompagne de la forclusion conduit à une réduction de la demande intermédiaire. Cet effet introduit ainsi une pression à la baisse sur le prix intermédiaire. L'effet offre correspond pour sa part à une réduction de la quantité de bien intermédiaire offerte par les firmes en amont. Ce dernier effet conduit à une augmentation du prix intermédiare. Le prix intermédiare d'équilibre correspond donc à l'arbitrage entre ces deux effets. Lorsque le nombre de firmes amont indépendantes est initiallement supérieur au nombre de firmes amont verticalement intégrées, l'effet demande l'emporte sur l'effet offre et donc une intégration supplémentaire se traduit par un acroissement du prix intermédiare.

L'effet sur le prix final est plus ambigue. Les résultats de ce modèle montrent que la variation du prix final qui fait suite à une intégration supplémentaire dépend très étroitement du degré de concentration intial de l'industrie mais également du degré de concentartion relatif des marchés amont et aval. Ainsi, lorsque l'industrie est initialement peu concentrée, le prix final diminue. En revanche, une concentation initiale de l'industrie ne conduit pas toujours à une augmentation du proix final ; c'est le cas seulement si le marché final est beaucoup moins concentré que le marché intermédiaire.

Le modèle développé par Schrader (1994) propose d'endogénéiser la forclusion en intégrant une contrainte de positivité sur l'offre de bien intermédiaire des firmes intégrées. Les résultats indiquent comment la décision stratégique de forclusion dépend du nombre de firmes actives sur chacun des deux marchés (amont et aval). Ainsi, le nombre de firmes aval agit négativement sur l'incitation des firmes intégrées à la forclusion. En d'autres termes, une intensification de la concurrence sur le marché aval (accroissement du nombre de firmes sur ce marché) incite les firmes intégrées à participer au marché intermédiaire. En revanche, l'intensité concurrentielle du marché amont accroit l'incitation des firmes intégrée à pratiquer une stratégie de forclusion. Ce travail de Schrader permet de compléter les résultats obtenus par Salinger.

Le modèle de Gaudet et Van Long (1996) propose un prolongement du modèle de Salinger (1988). Dans la lignée de Schrader (1994), les auteurs admettent que les firmes intégrées ont la possibilités d'émettre des offres négatives de bien intermédiaire dans la première étape du jeu. Ainsi, à la différence de Schrader (1994), Gaudet et Van Long (1996) n'imposent plus aucune contrainte sur l'offre intermédiaire (suppression de la contrainte de positivité de Schrader). L'offre négative correspond dans ce modèle à une demande. C'est cette offre négative que Gaudet et Van Long qualifient d'achats stratégiques. La firme intégrée a ainsi la possibilité d'acheter du bien intermédiaire comme firme aval mais également comme firme amont (offre négative). Or, les firmes aval sont preneuses de prix. Si la firme intégrée achète du bien intermédiaire il n'y aura donc aucun effet sur le prix intermédiaire. En revanche, quand la firme intégrée fait une offre négative (équivalent à une demande), il y a un effet positif sur le prix intermédiaire car cette fois ci elle agit comme une firme amont qui est « price maker ». Cette stratégie de la firme intégrée (achats stratégiques) lui permet alors de manipuler le prix sur le marché intermédiaire, en modulant le niveau de la demande, et ainsi d'accroître le coût de son concurrent en aval (*raising rival's costs*).

Dans le modèle que nous proposons, le cadre de modélisation retenu est celui de Gaudet et Van Long (1996) ; il permet d'analyser un des aspects du stockage dans le gaz. En effet, l'accès au stockage, du fait de ses caractéristiques de "facilité essentielle", peut conduire les firmes qui ne gèrent pas cette activité à l'utiliser de manière stratégique. En d'autres termes, le modèle que nous présentons illustre des situations dans lesquelles l'accès au stockage permet à des concurrents en aval de manipuler stratégiquement le prix de la ressources en amont. C'est le cas, notamment, lorsque les distributeurs concurrents sont intégrés vers l'amont à des pétro-gaziers. Nous montrons alors que dans certaines configurations de marché, l'ATS permet à la firme intégrée de manipuler à la hausse le prix sur le marché intermédiaire (ressource / entre producteurs et distributeur-transporteur) et ainsi d'accroître le coût de la firme indépendante en aval. Dans ces situations, il semble alors meilleur du point de vue du bien-être d'autoriser l'intégration distribution-transport-stockage lorsque l'accès au stockage est ouvert.

Nous nous intéressons plus particulièrement ici aux aspects stratégiques liés à l'ATS lorsque un des concurrents en aval est intégré à un producteur amont (pétro-gazier). Pour cela, nous étudions précisément trois structures industrielles différentes : le stockage contraint (NS), l'ATS séparé (S) et l'ATS intégré (I). La structure industrielle NS reproduit le cas où la firme intégrée ne peut accéder au stockage (non ATS), ni pour injecter ni pour soutirer du gaz dans le stock. L'activité de stockage étant indépendante. La structure S lève la contrainte sur l'accès au stockage (injection et soutirage) de la firme intégrée (ATS). Enfin, la structure I représente une situation d'ATS dans laquelle l'activité de stockage est verticalement intégrée à une firme distributrice.

La section 2 présente les hypothèses du modèle. La section 3 étudie le cadre de référence dans lequel toutes les firmes et activités sont séparées. Dans les sections 4, 5 et 6, nous analysons dans le cas général, les structures industrielles NS, S et I. La section 7 mène une comparaison complète des différentes structures dans le cas d'une fonction de demande linéaire.

2 Le modèle

On propose un modèle d'équilibre partiel d'une structure verticale à deux ou trois niveaux : la production (amont), la distribution (commercialisation en aval) et le stockage (intermédiaire).

De manière plus formelle, nous supposons que les choix des consommateurs sont représentés par la demande agrégée de gaz $D(p)$, normale ($D'(p) < 0$) et continue de telle sorte que la demande inverse $P(Q)$ existe.

La configuration industrielle que nous considérons reproduit le cadre d'une concurrence sur l'ensemble de la chaîne gazière impliquant l'utilisation d'une capacité de stockage à caractère de *facilité essentielle*. Plus précisément, elle met en jeu une firme en amont (dite *pétro-gazière indépendante*), une firme en aval (dite *distributrice*), une firme *intégrée* d'amont en aval ainsi qu'une firme en charge du *stockage* de gaz pouvant être intégrée à la firme distributrice en aval. L'acheminement du gaz d'amont en aval nécessite qu'une firme non intégrée utilise l'infrastructure de stockage de gaz et supporte par conséquent le coût d'accès. L'activité de stockage peut ici s'apparenter à un *hub* pour l'acheminement du gaz. L'accès à ce hub n'est pas forcément nécessaire pour un distributeur aval intégré avec un producteur en amont en aval, c'est le cas par exemple lorsque la fourniture de gaz peut transiter directement par méthaniers.

La **production** de gaz est assurée par 2 firmes, les firmes *pétro-gazières*. Le prix de vente de cette production est noté $k \geq 0$, et fixé par la concurrence en quantité que se livrent ces firmes. On peut assimiler ce mode de concurrence à une concurrence moyen terme permettant de faire apparaître tous les effets liés au pouvoir de marché des firmes en amont suivant les structures industrielles retenues [1]. Le profit d'un producteur j s'écrit donc[2] :

$$\pi_j^u(y_j, y_{-j}) = \left(k(Y) - C_j^u(\gamma, a, i)\right) y_j \tag{1}$$

où $Y = y_1 + y_2$ et $k(Y)$ est la demande inverse sur le marché intermédiaire. La quantité produite y_j par la firme pétro-gazière j correspond à une offre nette, au sens où si elle est négative, elle représente une demande de gaz sur le marché intermédiaire. La fonction $C_j^u(\gamma, a, i)$ est le coût unitaire de production que supporte la firme j, englobant les coûts techniques de production du gaz $\gamma \geq 0$ et les coûts d'accès aux infrastructures de stockage $a \geq 0$ ou $i \geq 0$. Pour simplifier on normalise le γ à zéro de sorte que $C_j^u(a, i) = C_j^u(0, a, i)$. Ainsi lorsque l'offre nette est négative, le coût de production de la firme C_j^u correspond au *prix de soutirage* dans le stock, ce qui donne $C_j^u(a, i) = -a$. Dans le cas d'une offre nette positive, ce coût se réduit à $C_j^u(a, i) = i$ où $i \geq 0$ est le *prix d'injection* dans le stock.

La **vente** du fluide au consommateur final est assurée par 2 firmes aval repérées par h.[3] On suppose une concurrence à la Cournot sur ce marché final. Le profit de distribution d'un distributeur h est alors donné par :

$$\pi_h^d(q_h, q_{-h}) = P(Q)\, q_h - C_h^d(k, a)\, q_h \tag{2}$$

où $Q = q_1 + q_2$ et C_h^d, le coût unitaire de distribution de la firme h qui dépend linéairement de k le prix du gaz sur le marché intermédiaire et de a, la charge d'accès au stockage.

Enfin on suppose ici qu'une seule firme est en charge du **stockage**[4], cette activité est opérée à coût donné $c \geq 0$. L'existence de cette firme dépend bien évidemment d'un accès des tiers au stockage (ATS). Lorsqu'il existe un ATS, le profit du stockeur s'écrit donc :

$$\pi_s = (a - c)\, S + (i - c)\, I \tag{3}$$

où S est la quantité de gaz soutirée dans le stock, elle correspond à la demande qui s'exprime sur le marché final et à la demande des producteurs dans le cas d'une offre nette négative, soit $S = q_1 + q_2 - \sum_{j \in J^s} y_j$, où $J^s = \{j |\, y_j < 0\}$. La quantité I représente le gaz injectée et correspond à l'offre des producteurs sur le marché amont (offre nette positive), soit $I = \sum_{j \in J^i} y_j$, où $J^i = \{j |\, y_j \geq 0\}$. Là encore pour des raisons de simplification dans l'analyse, on normalisera le coût technique c à zéro.

[1] En outre, on sait que le type de concurrence retenu revient à synthétiser une concurrence en prix avec contrainte de capacités limitées.

[2] L'indice supérieur u désigne une firme pétro-gazière en amont (*upstream*). De même l'indice supérieur d désignera une firme distributrice en aval (*downstream*).

[3] Ces deux firmes peuvent être assimilées à plusieurs types d'acteurs observées sur les marchés : les distributeurs historiques ou nouvellement installés ou des négociants (par exemple les *marketers* aux Etats-Unis). En effet les intermédiaires de vente peuvent être ici négligés (ou intégrés) si on considère une vive concurrence sur ce segment d'activité (c'est-à-dire de faibles marges).

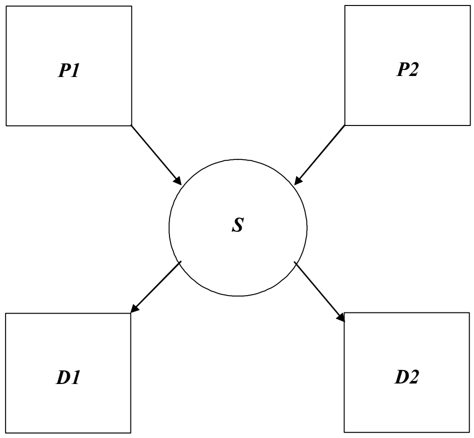
[4] L'activité de stockage est ici envisagée dans une acception non commerciale, non spéculative, non modulatoire. Le transport de la ressource n'est pas intégré explicitement dans ce modèle. Toutefois lorsque l'activité de stockage sera séparée du reste des opérations on pourra la considérer comme intégrée à un opérateur de transport virtuel.

En outre nous considérons que la capacité disponible pour le stockage est suffisante pour répondre à la demande de soutirage[5].

Nous étudions par la suite un jeu d'oligopole bilatéral. Avant d'étudier les différents structures industrielles (NS, S et I), nous présentons dans la section suivante le cadre de référence qui correspond à une situation de séparation verticale de toute les activités.

3 Le cadre de référence : la séparation verticale

Ce cadre de référence correspond à la structure industrielle dans laquelle les firmes amont, aval et de stockage sont totalement séparées. Cette structure industrielle est illustrée par la figure suivante.



On étudie ici un jeu en deux étapes. Dans la première étape, dite de **production**, les firmes pétro-gazières déterminent leur stratégie de production qui maximise leur profit. Dans la deuxième étape, dite de **distribution**, les deux distributeurs déterminent les quantités d'équilibre q_h qui maximise leur profit. On détermine les équilibres en sous-jeux parfaits.

3.1 Equilibre de distribution en aval

L'équilibre de Cournot[6] sur le marché aval est donné par le couple $\left(q_1^b, q_2^b\right)$ tel que $\forall h = 1, 2$

$$q_h^b = \arg\max_{q_h \geq 0} \pi_h^d \left(q_h, q_{-h}^b\right)$$

L'équilibre symétrique en quantité est défini implicitement par la condition de premier ordre :

$$P\left(Q^b\right) + P'\left(Q^b\right) q^b - (k + a) = 0$$

avec $Q^b = q_1^b + q_2^b$, ce qui détermine la quantité d'équilibre sur le marché qui par hypothèse constitue une partie du stock. Cette condition se réécrit sous la forme

$$\frac{P\left(Q^b\right) - (k + a)}{P\left(Q^b\right)} = \frac{s}{\eta\left(Q^b\right)} \text{ avec } s = \frac{1}{2}$$

[5] Cette simplification n'a pas d'effet ici car l'activité de stockage n'est pas envisagée dans sa dimension temporelle, ce qui implique l'équilibre entre le remplissage et le vidage physique du stock.

[6] On s'intéresse ici uniquement à l'équilibre intérieur.

où $\eta(\cdot)$ représente l'élasticité prix de la demande. On retrouve ici la relation traditionnelle entre l'indice de Lerner, l'élasticité de la demande et la part de marché s des firmes présentes sur ce marché. Le prix final est donc d'autant plus élevé que l'élasticité de la demande est faible.
La demande qui s'exprime sur le marché intermédiaire[7] $\Gamma(Q)$ est alors donnée par :

$$2P\left(Q^b\right) - 2(k+a) + P'\left(Q^b\right)Q^b = 0 \Leftrightarrow \Gamma\left(Q^b\right) = 2(k+a) \tag{4}$$

ce qui permet d'exprimer la fonction de demande inverse est notée $k_b(Q) = \frac{1}{2}\Gamma(Q) - a$.

3.2 Equilibre de production en amont

On résoud à présent la première étape du jeu dans laquelle les firmes pétro-gazières $j = 1,2$ déterminent leur offre nette y_j sur le marché intermédiaire. On note $Y = y_1 + y_2$ l'offre nette totale qui est égale à l'équilibre à le demande en bien intermédiaire Q^b.
Les quantités offertes sur le marché intermédiaire sont données par le couple $\left(y_1^b, y_2^b\right)$ défini par $\forall j = 1,2$

$$y_h^b = \arg\max_{y_h} \pi_h^u\left(y_h, y_{-h}^b\right)$$

L'équilibre est symétrique, la condition de premier ordre se réécrit :

$$\frac{k_b\left(Y^b\right) - C_\cdot^u(a,i)}{k_b\left(Y^b\right)} = \frac{\sigma^b}{\xi_b\left(Y^b\right)} \text{ avec } \sigma^b = \frac{1}{2} \tag{5}$$

avec $Y^b = y_1^b + y_2^b$, $\xi_b(y) = -\frac{k_b(y)}{k_b'(y)y}$, l'élasticité prix de la demande intermédiaire k_b et σ^b la part de marché d'une firme amont.
On remarque que du fait de la symétrie de l'équilibre les offres nettes sont strictement positives en effet on $Y^b = 2y^b = Q^b > 0$. Ici les producteurs amont injectent donc dans le stock la quantité Y^b au prix i. La relation (5) se réécrit :

$$\frac{k_b\left(Y^b\right) - i}{k_b\left(Y^b\right)} = \frac{1}{2\xi_b\left(Y^b\right)}$$

Sachant enfin que que $\pi^{sb} = (a+i)Y^b$, pour cet équilibre, le welfare s'établi à

$$W\left(Y^b\right) = S\left(Y^b\right) + 2\pi^{db} + \pi^{sb} + 2\pi^{ub} = U\left(Y^b\right)$$

où $S(Q) = U(Q) - P(Q)Q$ est le surplus des consommateurs (avec $U(Q) = \int_0^Q P(x)\,dx$).

4 Stockage Contraint

On suppose à présent une structure industrielle dans laquelle la firme $h = 2$ en aval est intégrée à la firme pétro-gazière $j = 2$. Le profit de cette structure intégrée correspond donc à la somme des

[7] On suppose ici que la demande remplit l'hypothèse de *monotonicité* suivante : $R(q,Q) = P(q+Q) + P'(q+Q)q$ est une fonction non croissante Q, pour tout $q, Q \geq 0$, soit $R_Q'(q,Q) = P'(q+Q) + P''(q+Q)q \leq 0$.

Cette condition stipule que la fonction de demande ne doit pas être trop convexe. Elle implique aussi la stricte concavité de la recette $P(q+Q)q$ soit $R_q'(q,Q) = P'(q+Q) + R_Q'(q,Q) < 0$. Enfin, elle assure la *régularité* de la demande pour laquelle $\Gamma(Q) = P(Q) + R(Q,0) = 2P(Q) + P'(Q)Q$ est une fonction non croissante de $Q \geq 0$.

profits soit :

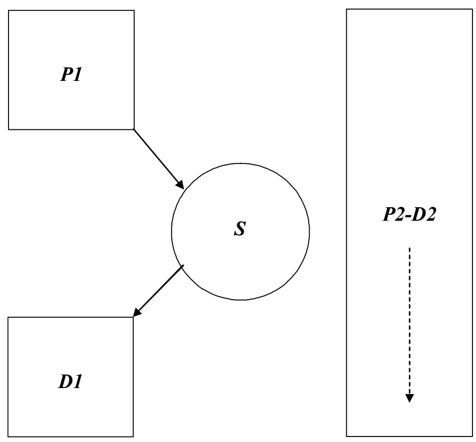
$$\Pi_2\left(q_2, q_1, y_2, y_1\right) = \pi_2^d + \pi_2^u$$

Une question se pose alors sur le mode de transaction à l'intérieur de cette structure intégrée : le gaz fourni en aval est-il produit en interne ou peut-il être acheté à la firme pétro-gazière concurrente, $j = 1$ et donc au prix $k = k(Y)$? Du fait de l'intégration verticale, il suffit de considérer que la question des approvisionnements est assurée par la variable y_2 et elle seule. Deux cas peuvent alors se produire : la firme intégrée peut soit s'approvisionner totalement en interne soit s'adresser en tant que demandeur sur le marché intermédiaire. Si la firme intégrée choisit une offre positive, elle se sert totalement en interne car son coût marginal de production, qui par hypothèse est nul, est inférieur au prix intermédiaire $k(Y)$. En revanche, lorsqu'elle choisit une offre nette négative, elle peut se servir en interne partiellement. C'est donc bien la variable y_2 qui résume son activité amont. Le profit de la firme intégrée s'écrit donc :

$$\Pi_2\left(q_2, q_1, y_2, y_1\right) = P(Q)\, q_2 + \left(k - C_j^u(a, i)\right) y_2$$

On remarquera que le coût de l'accès au stockage n'est comptabilisé qu'une seule fois en amont : soit *via* le prix i d'injection si l'offre nette est positive, soit *via* le prix a de soutirage dans le cas d'une offre nette négative.

Nous étudions dans cette partie, plus particulièrement le cas du **stockage contraint** (structure NS), qui suppose que la firme intègrée ne peut accèder au stockage, ni pour injecter ni pour soutirer du gaz dans le stock. Dans le modèle, cela implique $y_2 = 0$ de manière exogène. Il s'agit de représenter un structure industrielle dans laquelle un distributeur qui ne gère pas l'activité de production mais à un accès au stockage, est concurrencé par une firme verticallement intégrée. La figure suivante illustre cette structure de stockage contraint.



4.1 Equilibre de distribution en aval

De manière analogique avec le cas de référence (cf. 3), l'équilibre de Cournot sur le marché aval est donné par le couple (q_1^n, q_2^n) tel que

$$\begin{aligned} q_1^n &= \arg\max_{q_1 \geq 0} \pi_1^d (q_1, q_2^n) \\ q_2^n &= \arg\max_{q_2 \geq 0} \Pi_2 (q_2, q_1^n, y_2, y_1) \end{aligned}$$

L'équilibre en quantité est défini implicitement par les conditions de premier ordre :

$$\begin{aligned} P(Q^n) - (k+a) + P'(Q^n) q_1^n &= 0 \\ P(Q^n) + P'(Q^n) q_2^n &= 0 \end{aligned}$$

avec $Q^n = q_1^n + q_2^n$, ce qui détermine la quantité d'équilibre sur le marché qui par hypothèse constitue une partie du soutirage S dans le stock. Cette condition se réécrit sous la forme

$$\begin{aligned} \frac{P(Q^n) - (k+a)}{P(Q^n)} &= \frac{s_1^n}{\eta(Q^n)} = \frac{s_1^n}{s_2^n} \\ 1 &= \frac{s_2^n}{\eta(Q^n)} \end{aligned}$$

On peut alors montrer que pour tout (a, k)

$$\frac{P(Q^n) - (k+a)}{P(Q^n)} < 1 \Rightarrow s_1^n < s^b < s_2^n$$

et de plus par sommation des conditions d'optimalité :

$$\begin{aligned} 2P(Q^n) - (k+a) + P'(Q^n) Q^n &= 0 \Leftrightarrow \Gamma(Q^n) = k + a < \Gamma\left(Q^b\right) \\ &\Rightarrow Q^n > Q^b \end{aligned} \tag{6}$$

Cette dernière relation est à mettre en rapport avec l'internalisation d'une double marge : l'intégration de la firme pétro-gazière permet de réduire ses coûts d'accès au gaz et aussi de contourner l'infrastructure de stockage réduisant (à zéro) de fait ses coûts d'accès au stock.
Par statique comparative, on peut montrer (cf. annexe A) que $\frac{dq_1^n}{dk} < 0$ et $\frac{dq_2^n}{dk} > 0$: du point de vue de la firme aval indépendante, le prix k d'approvisionnement est un coût de production ce qui explique le sens décroissant de la relation. En revanche, tout accroissement de k donne un avantage concurrentiel à la firme intégrée, qui ne supporte pas ce coût, ce qui induit un effet positif sur son offre, q_2^n.

4.2 Equilibre de production en amont

En amont les firmes pétro-gazières $j = 1, 2$ servent par leur offre $Y = y_1 + y_2$ la demande exprimée sur le marché intermédiaire, soit ici $Y = q_1^n$. En effet, le statut intégré de la firme 2 implique qu'elle n'exprime aucune demande en aval sur le marché intermédiaire, ni d'ailleurs d'offre car $y_2 = 0$. On se retouve donc dans une situation de monopole en amont. La demande intermédiaire est donnée par

$$Y(k) = q_1^n(k) \Leftrightarrow \widehat{k}(Y) = (q_1^n)^{-1}(Y)$$

Cette demande est bien normale car on a vu que $\frac{dq_1^n}{dk} < 0$.

$$\frac{\widehat{k}(y_1^n) - i}{\widehat{k}(y_1^n)} = \frac{1}{\widehat{\xi}(y_1^n)}$$

avec $\widehat{\xi}(y) = -\frac{\widehat{k}(y)}{\widehat{k}'(y)y}$, l'élasticité prix de la demande intermédiaire $\widehat{k}$.

Dans ces situations, l'opérateur de stockage va dégager un surplus du fait du soutirage de la firme distributrice $h = 1$ et d'injection la firme productrice $j = 1$, soit

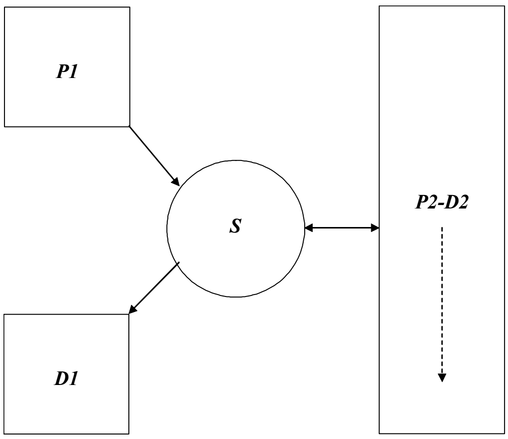
$$\pi^{sn} = aq_1^n + iy_1^n$$

Pour cet équilibre NS, le welfare s'établit au niveau

$$W^n = W(Q^n) = S(Q^n) + \pi_1^{dn} + \pi^s + \pi_1^{un} + \Pi_2^n = U(Q^n)$$

5 Accès des Tiers au Stockage Séparé (S)

La troisième structure, **Accès des Tiers au Stockage Séparé** (S), reprend la structure NS mais en levant maintenant la contrainte sur l'accès au stockage (injection et soutirage).



Dans cette situation, tout achat sur le marché intermédiaire de la part de la firme pétro-gazière intégrée (offre nette négative) implique l'utilisation de l'infrastructure de stockage au prix de soutirage a alors qu'une vente (offre nette positive) conduit à de l'injection coûtant i à l'unité.

L'étape aval est évidemment identique à celle développée au 4.1. La différence provient maintenant de l'équilibre de production en amont.

Ici encore, les firmes pétro-gazières $j = 1, 2$ en amont servent la demande exprimée sur le marché intermédiaire[8], qui est donnée par q_1^n, le niveau de leur offre étant égal à $Y = y_1 + y_2$. En revanche le stockage n'est plus contraint, le coût d'accès (injection/soutirage) au stock de gaz $C_j^u(a, i)$ dépend du signe de l'offre nette, y_j.

On cherche l'équilibre de Cournot du jeu entre les firmes en amont, soit le couple (y_1^s, y_2^s) tel que

$$\begin{aligned} y_1^s &= \arg\max_{y_1} \pi_1^u(y_1, y_2^s) \\ y_2^s &= \arg\max_{y_2} \Pi_2(q_2^n, q_1^n, y_2, y_1^s) \end{aligned}$$

[8]Notamment la demande sur ce marché intermédiaire s'exprime toujours par $\widehat{k}(Y) = (q_1^n)^{-1}(Y)$

L'équilibre amont de la situation d'Accès des Tiers au Stockage Séparé (S) est donc tel que :

$$\left\{\begin{array}{l}\widehat{k}\left(Y^s\right)-C_1^u\left(a,i\right)+\widehat{k}'\left(Y^s\right)y_1^s=0\\ \frac{d}{dq_1}\left[P\left(Q^n\right)q_2^n\right]\frac{dq_1^n}{dy_2}+\widehat{k}\left(Y^s\right)-C_2^u\left(a,i\right)+\widehat{k}'\left(Y^s\right)y_2^s=0\end{array}\right.$$
$$\Leftrightarrow\left\{\begin{array}{l}\dfrac{\widehat{k}\left(Y^s\right)-C_1^u\left(a,i\right)}{\widehat{k}\left(Y^s\right)}=\dfrac{\sigma_1^s}{\widehat{\xi}\left(Y^s\right)}\\ \dfrac{\widehat{k}\left(Y^s\right)-C_2^u\left(a,i\right)+\frac{d}{dq_1}\left[P\left(Q^n\right)q_2^n\right]\frac{dq_1^n}{dy_2}}{\widehat{k}\left(Y^s\right)}=\dfrac{\sigma_2^s}{\widehat{\xi}\left(Y^s\right)}\end{array}\right. \tag{7}$$

avec $Y^s=y_1^s+y_2^s$. De plus en développant, on voit que

$$\frac{d}{dq_1}\left[P\left(Q^n\right)q_2^n\right]\frac{dq_1^n}{dy_2}=P'\left(Q^n\right)q_2^n<0 \text{ car } \frac{dq_1^n}{dy_2}=\frac{dq_1^n}{dk}\frac{d\widehat{k}\left(Y^s\right)}{dy_2}=1$$

et (7) s'écrit

$$\left\{\begin{array}{l}\dfrac{\widehat{k}\left(Y^s\right)-C_1^u\left(a,i\right)}{\widehat{k}\left(Y^s\right)}=\dfrac{\sigma_1^s}{\widehat{\xi}\left(Y^s\right)}\\ \dfrac{\widehat{k}\left(Y^s\right)-C_2^u\left(a,i\right)+P'\left(Q^n\right)q_2^n}{\widehat{k}\left(Y^s\right)}=\dfrac{\sigma_2^s}{\widehat{\xi}\left(Y^s\right)}\lesseqgtr 0\end{array}\right. \tag{8}$$

La firme pétro-gazière $j=1$ supporte seulement le coût de production $C_1^u\left(a,i\right)$. En revanche, la firme intégrée $j=2$ supporte en supplément un coût marginal $P'\left(Q^n\right)q_2^n<0$ qui est l'effet indirect $\left(\frac{d\Pi_2^s}{dq_1}\frac{dq_1^n}{dy_2}\right)$ de sa décision en amont sur son offre en aval. Il apparaît donc ici clairement, que la quantité du bien intermédiaire produite par la firme intégrée induit deux effets opposés sur son profit : un *effet direct* positif sur le profit amont (effet quantité proportionnel à la marge $\widehat{k}-C_2^u\left(a,i\right)$) et un *effet stratégique* sur son profit aval (effet indirect). Ce dernier effet traduit le fait qu'un accroissement de la production de cette firme conduit à une diminution du prix sur le marché intermédiaire. Cet effet stratégique profite alors à la firme indépendante en aval $h=1$ qui voit alors son coût diminuer et donc s'accroître son avantage concurrentiel sur le marché aval par rapport à la firme intégrée. Le choix du niveau de production y_2 traduit l'arbitrage entre l'effet direct et l'effet stratégique.

L'équilibre de ce marché intermédiaire exige $Y^s=q_1^n\left(k\left(Y^s\right)\right)>0$, ce qui implique que les deux firmes ne peuvent y faire des achats et soutirer simultanément dans le stock, donc $y_j^n<0$ n'est pas un équilibre. Si en revanche on suppose $y_1^s\leq 0$ alors $y_2^s>0$, à l'équilibre on parvient d'après (8) à la contradiction

$$1<\frac{\widehat{k}\left(Y^s\right)+a}{\widehat{k}\left(Y^s\right)}=1+\frac{a}{\widehat{k}\left(Y^s\right)}=\frac{\sigma_1^s}{\widehat{\xi}\left(Y^s\right)}\leq 0$$

Ainsi donc à l'équilibre, la firme 1 injecte du gaz dans le stock soit $y_1^s>0$, et (8) devient

$$\left\{\begin{array}{l}\dfrac{\widehat{k}\left(Y^s\right)-i}{\widehat{k}\left(Y^s\right)}=\dfrac{\sigma_1^s}{\widehat{\xi}\left(Y^s\right)}>0\\ \dfrac{\widehat{k}\left(Y^s\right)-C_2^u\left(a,i\right)+P'\left(Q^n\right)q_2^n}{\widehat{k}\left(Y^s\right)}=\dfrac{\sigma_2^s}{\widehat{\xi}\left(Y^s\right)}\gtreqless 0\end{array}\right. \tag{9}$$

Ainsi sans plus d'hypothèses sur la demande intermédiaire (et donc quelque part sur la demande en aval), on ne peut exclure les trois situations suivantes :

1. *Injection*, soit $y_2^s > 0$ et $C_2^u(a,i) = i$. D'après (9) alors $\widehat{k}(Y^s) - i > -P'(Q^n)\,q_2^n > 0$ d'où

$$\frac{\widehat{k}(Y^s) - i}{\widehat{k}(Y^s)} + \frac{P'(Q^n)\,q_2^n}{\widehat{k}(Y^s)} = \frac{\sigma_2^s}{\widehat{\xi}(Y^s)} \Rightarrow \frac{\sigma_2^s - \sigma_1^s}{\widehat{\xi}(Y^s)} = \frac{P'(Q^n)\,q_2^n}{\widehat{k}(Y^s)} < 0$$

d'où $\sigma_2^s < \sigma_s^1$. Ici c'est donc l'effet direct positif qui l'emporte sur l'effet stratégique, la firme intégrée à intérêt à vendre sur le marché intermédiaire et donc injecter du gaz dans le stock. On peut réécrire (9) sous la forme :

$$\sigma_2^s = \sigma_1^s - \frac{\widehat{\xi}(Y^s)}{\eta(Q^s)}\frac{P(Q^s)}{\widehat{k}(Y^s)} s_2^s \Leftrightarrow \sigma_1^s - \sigma_2^s = \left(\frac{\partial P}{\partial k}\right)\frac{s_2^s}{s_1^s}$$

Pour la firme intégrée, l'arbitrage entre les effets directs et stratégiques se traduit ici par un arbitrage en termes de parts de marché : la part de marché sur le marché amont σ_2^s et celle sur le marché aval s_2^s.

2. *Soutirage.* Soit $y_2^s < 0$ alors $\sigma_2^s < 0$ et $C_2^u(a,i) = -a$. Dans ce cas $-P'(Q^s)\,q_2^s > \widehat{k}(Y^s) + a > \widehat{k}(Y^s) - i$ et on peut écrire (9) :

$$\begin{aligned} \frac{\widehat{k}(Y^s) + a}{\widehat{k}(Y^s)} &= \frac{a+i}{\widehat{k}(Y^s)} + \frac{\sigma_1^s}{\widehat{\xi}(Y^s)} \\ \frac{\sigma_1^s - \sigma_2^s}{\widehat{\xi}(Y^s)} &= -\frac{P'(Q^n)\,q_2^n}{\widehat{k}(Y^s)} - \frac{a+i}{\widehat{k}(Y^s)} > 0 \end{aligned}$$

d'où $\sigma_2^s < 0 < \sigma_1^s$. Ici c'est donc l'effet indirect négatif qui l'emporte largelment sur l'effet direct positif, la firme intégrée à intérêt à acheter sur le marché intermédiaire et donc soutirer du gaz dans le stock.

3. *Forclusion.* On remarque que si $\widehat{k}^s + a > -P'q_2^s > \widehat{k}^s - i$, alors à l'équilibre l'effet indirect négatif qui l'emporte sur l'effet direct positif mais suffisament pour rendre rentable un achat stratégique, le coût d'achat sur le marché intermédiaire auquel il faut alors ajouter la charge de soutirage, soit $\widehat{k}^s + a$, est plus important que le "coût stratégique" $-P'q_2^s$. La firme intégrée préfèrera donc ne pas produire et donc forclore le marché, $y_2 = 0$.

La proposition suivante résume la discussion ci-dessus.

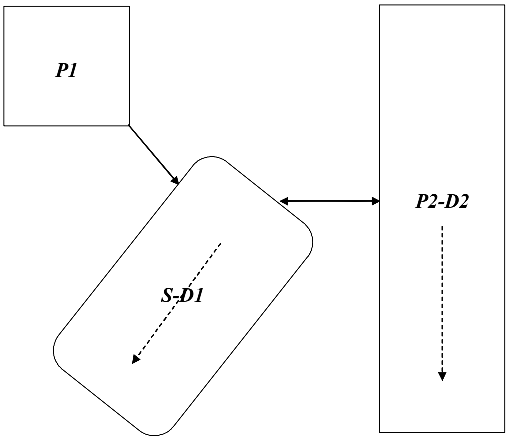
Proposition 1 *Dans le cas général, la forclusion du marché amont de la part du pétro-gazier intégré ne peut être un équilibre que si l'effet stratégique est plus important que l'effet direct.*

Dans cette situation NS, l'opérateur de stockage va dégager un profit du fait du soutirage éventuel de la firme distributrice $h = 1$ et la firme intégrée $j = 2$ et/ou du fait de l'injection des firmes productrices, soit

$$\pi_s^s = \begin{cases} aq_1^s + i\,(y_1^s + y_2^s) & \text{si } y_2^s \geq 0 \\ a\,(q_1^s - y_2^s) + iy_1^s & \text{si } y_2^s < 0 \end{cases}$$

6 Accès des Tiers au Stockage Intégré (I)

La quatrième et dernière structure que nous étudions, correspond au cas d'**Accès des Tiers au Stockage Intégré** (I). Elle reprend la structure industrielle précédente S et suppose maintenant que l'activité de stockage est verticalement intégrée à une firme distributrice en aval, $h = 1$.



La fonction de profit de la firme distributrice intégrant le stockage s'écrit alors :

$$\Pi_1(q_1, q_2) = \pi_1^d + \pi_s = (P(Q) - k - c)\, q_1 + a\widehat{S} + iI$$

où $\widehat{S} = -\sum_{j \in J^s} y_j$, où $J^s = \{j |\, y_j < 0\}$.

Là encore le cas où le stockage est intégré à la firme distributrice $h = 1$ admet de nombreuses similitudes avec ceux étudiés précédemment. Notamment puisque la structure des firmes y est identique, l'équilibre de distribution en aval est analogique à celui décrit au 4.1, à la différence près que le coût de distribution de la firme indépendante $h = 1$ est maintenant plus faible à savoir k au lieu de $k + a$ pour la structure NS. Ainsi on peut donner les résultats suivants (où i est l'indice des variables correspondantes à ce cas du stockage intégré). L'équilibre aval (q_1^i, q_2^i) obéit à

$$\begin{aligned} \frac{P(Q^i) - k}{P(Q^i)} &= \frac{s_1^i}{\eta(Q^i)} = \frac{s_1^i}{s_2^i} < 1 \\ P\left(Q^i\right) + P'\left(Q^i\right) q_2^i &= 0 \Leftrightarrow s_2^i = \eta\left(Q^i\right) \end{aligned} \tag{10}$$

avec $Q^i = q_1^i + q_2^i$. On peut alors montrer que pour tout (a, k)

$$q_1^n < q_1^i \text{ et } q_2^i < q_2^n \tag{11}$$

En effet, par statique comparative, on montre en annexe A que $\frac{dq_1^n}{dK} < 0$ et $\frac{dq_2^n}{dK} > 0$. Or, il est possible de poser que $q_1^i = q^n_{1|K=k}$ et $q_2^i = q^n_{1|K=0}$ ce qui est équivalent *ceteris paribus* à une diminition du coût K du niveau $k + a$ dans la strutcure NS au niveau k dans la strutcure I. Ainsi, pour tout (a, k), $q_1^i > q_1^n$ et $q_2^i < q_1^n$, d'où le résultat. De plus par sommation des conditions d'optimalité et d'après les relations (4), (6) :

$$\begin{aligned} 2P\left(Q^i\right) - k + P'\left(Q^i\right) Q^i &= 0 \Leftrightarrow \Gamma\left(Q^i\right) = k < \Gamma\left(Q^n\right) \\ &\Rightarrow Q^i > Q^n > Q^b \end{aligned} \tag{12}$$

Ces dernières relations nous permettent d'analyser les effets de l'internalisation de la double marge de stockage. L'intégration du stockage par la firme indépendante lui permet de reproduire un effet de contournement de l'infrastructure de stockage en réduisant à zéro ses coûts d'accès. Cela a pour conséquence de rétablir sa position sur le marché aval et même sa part de marché[9] ainsi que d'accroître l'offre globale.

En remontant maintenant sur l'amont, cela implique à nouveau la demande intermédiaire

$$\forall k, Y(k) = q_1^i(k) > q_1^n(k) \Leftrightarrow \widetilde{k}(Y) = \left(q_1^i\right)^{-1}(Y) > \widehat{k}(Y)$$

et donc

$$\begin{cases} \widetilde{k}(Y^i) - C_1^u(a,i) + \widetilde{k}'(Y^i)\, y_1^i = 0 \\ \frac{d}{dq_1}\left[P(Q^i)\, q_2^i\right]\frac{dq_1^i}{dy_2} + \widetilde{k}(Y^i) - C_1^u(a,i) + \widetilde{k}'(Y^i)\, y_1^i = 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \dfrac{\widetilde{k}(Y^i) - C_1^u(a,i)}{\widetilde{k}(Y^i)} = \dfrac{\sigma_1^i}{\widetilde{\xi}(Y^i)} \\ \dfrac{\widetilde{k}(Y^i) - C_2^u(a,i) + P'(Q^i)\, q_2^i}{\widetilde{k}(Y^i)} = \dfrac{\sigma_2^i}{\widetilde{\xi}(Y^i)} \gtrless 0 \end{cases}$$

Structurellement, l'équilibre amont I est isomorphe à celui de la situation S précédente. Donc toujours sans plus d'hypothèses sur la demande intermédiaire, on ne peut exclure les deux situations suivantes où $y_2^i \geq 0$ et $y_2^i < 0$. Pour la firme intégrée, on retrouve donc le même type d'arbitrage entre les effets directs et stratégiques que celui décrit au 5.

7 Comparaison des structures dans le cas linéaire

Dans le cas général, il est difficile de mener une comparaison complète des caractéristiques des équilibres notamment du fait du caractère implicite de leur détermination. Sans plus d'hypothèses, les comportements de la demande sur le marché intermédiaire ne sont notamment pas comparables entre les diverses structures. En outre dans la littérature sur les relations verticales et plus précisément sur celle de la forclusion, les résultats sont rarement disponibles pour des classes générales de fonctions de demandes (cf. Salinger, Gaudet-Long etc..).

Le cas linéaire permet toutefois d'obtenir une clarification du jeu des effets en présence (double marge, concurrence, intégration, forclusion etc...). Supposons donc maintenant que la demande soit linéaire de telle sorte que $P(Q) = 1 - Q$. Cette configuration obéit aux hypothèses de monotonie et de régularité imposées en introduction du modèle (cf. 2).

7.1 Comparaison des équilibres

Afin de mieux saisir les différents effets d'un changement structurel, on compare ici les différents niveaux de productions, de prix pour les 4 scénarios envisagés.

[9] En effet, (11) et (12) impliquent directement $s_1^i > s_1^n$ et donc $s_2^i < s_1^n$.

7.1.1 Offre nette de gaz (amont)

Proposition 2 [10]*Pour tout* (a, i) *tel que*[11] $0 \leq a \leq \widetilde{a}(i)$,
a. $y_1^{b*} \gtreqless y_1^{i*} > y_1^{s*} \geq y_1^{n*}$ *si* $a \gtreqless \overline{a}(i)$, *où* $\overline{a}(i) \leq \widetilde{a}(i)$
c. $y_2^{b*} > y_2^{n*} = 0 \geq y_2^{i*} \geq y_2^{s*}$,
d. $Y^{b*} > Y^{i*} \gtreqless Y^{n*} > Y^{s*}$ *si* $a \lesseqgtr \underline{a}(i)$ *où* $\underline{a}(i) \leq \widetilde{a}(i)$.

L'ouverture de l'accès des tiers aux infrastructures de stockage peut conduire, à l'équilibre, la firme pétro-gazière intégrée à pratiquer des achats stratégiques ($0 \geq y_2^{i*} \geq y_2^{s*}$). C'est le cas notamment lorsque a est relativement faible par rapport à i, soit $a \leq \widetilde{a}(i)$. On remarque par ailleurs que $\widetilde{a}(i)$ décroît avec i, ce qui signifie que plus le prix d'injection est élevé, moins la firme intégrée est incitée à pratiquer des achats stratégiques. En effet dans ce cas, l'avantage en coût de la firme intégrée est renforcé par l'accroissement de l'effet double marge supporté par le distributeur indépendant.

Toutefois, l'intégration du stockage au sein de la firme distributrice en aval (pour qui il revêt le caractère d'une infrastructure essentielle) a pour effet de réduire l'utilisation stratégique de l'accès au stockage. L'internalisation de la marge de stockage améliore ici l'efficacité relative du distributeur indépendant. Pour renforcer son avantage en coût la firme intégrée est incitée à réduire ses achats stratégiques par rapport à une situation où le stockage est indépendant : ceci lui permet de manipuler suffisament à la hausse le prix intermédiaire.

7.1.2 Distribution de gaz (aval)

Proposition 3 *Pour tout* (a, i) *tel que* $0 \leq a \leq \widetilde{a}(i)$
a. $q_1^{b*} > q_1^{i*} \gtreqless q_1^{n*} > q_1^{s*}$ *si* $a \lesseqgtr \underline{a}(i)$ *où* $\underline{a}(i) \leq \widetilde{a}(i)$,
b. $q_2^{s*} > q_2^{n*} \gtreqless q_2^{i*} > q_2^{b*}$ *si* $a \lesseqgtr \underline{a}(i)$,
c. $Q^{n*} \gtreqless Q^{i*} > Q^{s*} > Q^{b*}$ *si* $a \lesseqgtr \underline{a}(i)$.

Preuve. En invoquant le fait qu'aux équilibres $q_1^{b*} = \frac{1}{2}Y^{b*}$ que $q_1^{k*} = Y^{k*}, k = n, \nu, s, i$ et via la proposition 2 ■

L'ouverture de l'accès des tiers aux infrastructures de stockage conduit à la réduction du volume de vente de gaz en aval $\left(Q^{n*} \gtreqless Q^{i*} > Q^{s*}\right)$ car le coût d'approvisionnement ici le prix de gros du gaz, k, est manipulé stratégiquement à la hausse. Le gaz devient donc plus cher et ceci renforce la part de marché de la firme pétro-gazière intégrée $q_2^{s*} > q_2^{n*}$. Encore une fois, l'intégration du stockage à la distribution permet au distributeur indépendant de récupérér un volume relatif de demande ($Q^{n*} < Q^{i*}$ et $q_2^{i*} < q_2^{n*}$).

7.1.3 Prix

Sur le *marché intermédiaire* (amont), le prix du gaz consititue un élement important de forclusion comme le retrace la proposition suivante.

[10]Les preuves des propositions sont renvoyées en annexe.
[11]Plus précisément si $i \in \left[0, \frac{1}{2}\right]$, $\widetilde{a}(i) = \frac{5}{6} - \frac{5}{3}i \geq 0$, $\overline{a}(i) = \frac{1}{4} + \frac{1}{2}i > 0$ et enfin $\underline{a}(i) = \frac{1}{14} - \frac{1}{7}i \geq 0$

Proposition 4 *Pour tout a tel que* $0 \leq a < \widetilde{a}(i)$ *alors*

$$k^{n*} < k^{s*} < k^{i*} \lesseqgtr k^{b*} \text{ si } a \lesseqgtr \overline{a}(i) \;\; \text{où } \overline{a}(i) \leq \widetilde{a}(i)$$

Si la charge d'accès pour l'utilisation de l'infrastructure de stockage n'est pas trop élevée alors l'effet "*raising rival's costs*" apparaît via les achats stratégiques $k^{n*} < k^{s*}$: l'ouverture de l'infrastructure de stockage conduit la firme pétro-gazière s'approvisionner sur le marché intermédiaire et à manipuler à la hausse k. Toutefois, l'intégration du stockage à la distribution ne tempère pas cet effet et semble même l'amplifier. La raison n'est plus l'augmentation des achats stratégiques (qui régressent on l'a vu, $y_2^{i*} \geq y_2^{s*}$) mais le déplacement vers de le haut de la demande du distributeur alors relativement plus efficace (il récupére une marge) En effet la proposition 3 si a est relativement petit, alors $q_1^{i*} > q_1^{n*} > q_1^{s*}$: la demande qui s'adresse à la firme distributrice indépendante décroît à l'ouverture mais s'accroît à l'intégration du stock.

Sur le *marché final* (aval), en lisant simplement la proposition 3.c, on sait que

$$\forall a \lesseqgtr \underline{a}(i), \, p^{n*} \lesseqgtr p^{i*} < p^{s*} < p^{b*}$$

L'ouverture de l'accès des tiers aux infrastructures de stockage conduit à la hausse du prix en aval. Le gaz devient donc plus cher à la vente final et ceci renforce, on l'a vu, la part de marché de la firme pétro-gazière intégrée et donc l'intégration du stockage à la distribution peut jouer son rôle modérateur sur les prix en aval.

7.2 Analyse de surplus

On analyse à présent le surplus des consommateurs et collectif.

Proposition 5 *Pour tout* (a, i) *tel que* $0 \leq a \leq \widetilde{a}(i)$ *alors*

$$S^{n*} \gtreqless S^{i*} > S^{s*} > S^{b*} \text{si } a \lesseqgtr \underline{a}(i)$$

Preuve. D'après la proposition 3.c, en posant $S^{k*} = S\left(Q^{k*}\right), k = b, i, n, s$ et arguant du fait que $S'(Q) > 0$. ■

D'une manière générale, l'ouverture du stockage grève le surplus des consommateurs. En effet, en réponse à cette ouverture, la firme pétro-gazière intégrée s'approvisionne en gaz sur le marché intérmédiare (offre nette négative). Cette stratégie contracte alors le volume de distribution sur le marché final et donc réduit le surplus net des consommateurs. Cependant si le prix du soutirage (a) est suffisamment élevé, l'ouverture peut s'avérer bénéfique pour les clients si elle accompagnée de l'intégration du stockage. Dans ce cas, l'élimination de la marge de stockage permet de contrebalancer l'effet d'un renchérissement du prix de gros du gaz *via* la diminution des achats stratégiques.

Dans notre approche[12], le surplus collectif est simplement identique au surplus brut des consommateurs ($U(Q) = \int_0^Q P(x)\,dx$) ainsi la proposition suivante peut-être avancée.

[12] Les coûts techniques de productions γ et de stockage et déstockage du gaz c ont été normalisés à zéro.

Proposition 6 *Pour tout* (a, i) *tel que* $0 \leq a \leq \widetilde{a}(i)$ *alors*

$$W^{n*} \gtreqless W^{i*} > W^{s*} > W^{b*} si\ a \lesseqgtr \underline{a}(i)$$

Preuve. D'après la proposition 3.c, en posant $W^{k*} = U\left(Q^{k*}\right), k = b, i, n, s$ et arguant du fait que $U'(Q) > 0$. ■

L'ouverture de l'accès des tiers au stockage grève le surplus global car l'effet d'achat stratégique et donc d'accroissement du prix de gros du gaz, qu'il suscite à tendance à dominer l'effet bénéfique d'élimination des marges que constitue la présence d'un pétro-gazier intégré plus efficace en aval. L'ouverture du stockage sera profitable si elle est accompagnée du rétablissement des parts de marchés de la firme distributrice *via* par exemple de l'intégration en son sein de la gestion de l'infrastructure de stockage.

8 Conclusion

Notre modèle permet de discuter certains aspects de l'ATS. Il apparait ici que dans certaines configuration de marché, l'ATS peut être utilisé stratégiquement par des concurents en aval, qui détiennent la ressource en gaz. En effet, les distributeurs intégrés vers la production (pétro-gaziers) peuvent parfois être incités à externaliser leur approvisionnement en gaz en s'adressant au marché intermédiaire. L'ATS permet ici de rendre possible, ou du moins de faciliter, la mise en oeuvre de cette stratégie d'approvisionnement. L'objectif de cette stratégie est de distordre la formation du prix sur le marché intermédiaire. L'incitation pour les pétro-gaziers présent en aval est alors de faire des offres négatives sur le marché intermédiaire afin de manipuler à la hausse le prix intermédiaire et d'augmenter ainsi le coût du rival (le distributeur indépendant). Cette stratégie du producteur-distributeur a tendance à réduire l'efficacité collective de l'industrie gazière. Les résultats montrent qu'il semble alors possible de réduire, ou même d'annuler, cette distorsion en permettant l'intégration du stockage à la distribution (distributeur indépendant). Cette intégration de l'activité de stockage au distributeur initialement indépendant permet de ré-équilibrer les rapports de force dans une situation d'ATS.

Il convient enfin de préciser que l'intensité de l'incitation à pratiquer les achats stratégiques dépend en particulier du degré de concentration relatif des marchés aval (distribution) et amont (production du gaz) ainsi que du nombre relatif de concurrents sur le marché aval qui sont intégrés vers l'amont (production-distribution). Ainsi, lorsque le nombre de firmes indépendantes est moins important que le nombre de firmes intégrées, le gain permis par les achats stratégiques est relativement faible. En effet, le gain individuel des firmes intégrées est dans ce cas relativement faible puisque le gain total provenant des achats stratégiques est alors dilué. Pour certaines structures de marché asymétriques, les achats stratégiques peuvent alors ne plus être une stratégie d'équilibre.

Références

[1] Gaudet G. et N. Van Long (1996), "Vertical integration, forclosure, and profits in the presence of double marginalization", *The Journal of Economics & Management Strategy*, vol. 5, N°3, p. 409-432.

[2] Kirman A.P. et M.J. Sobel (1974), « Dynamic Oligopoly with Inventories », *Econometrica*, vol. 42, p. 279-87.

[3] Mollgaard H.P., S. Poddar et D. Sasaki (2000) « Strategic inventories in two-period oligopoly », *working paper*, University of Exeter.

[4] Pal D. (1996), « Endogenous Stackelberg Equilibria with Identical Firms », *Games and Economic Behavior*, vol. 12, p. 81-94.

[5] Phlips L. et J.F. Richard (1989), « A Dynamic Oligopoly Model with Demand Inertia and Inventories », *Mathematical Social Sciences*, vol. 18, p. 225-43.

[6] Poddar S. et D. Sasaki (2000), « Strategic Advance Production », *working paper*, University of Exeter.

[7] Salinger M.A. (1988), "Vertical mergers and market forclosure", *Quarterly Journal of Economics*, p. 345-356.

[8] Saloner G. (1987), "Cournot Duopoly with Two Production Periods", *Journal of Economic Theory*, vol. 42, p. 183-87.

[9] Schrader A. (1994), "Vertical mergers and market forclosure : comment", *EUI Working Paper* ECO N° 94/24.

Annexe A. Statique comparative (cas SN)

On rapelle que l'équilibre en quantité est défini implicitement par les conditions de premier ordre suivantes : où $K = k + a$

$$\begin{aligned} P\left(Q^n\right) - K + P'\left(Q^n\right) q_1^n &= 0 \\ P\left(Q^n\right) + P'\left(Q^n\right) q_2^n &= 0 \end{aligned}$$

A partir de l'équilibre aval du cas SN :

$$\begin{cases} \left[P'\left(\cdot\right) + P''\left(\cdot\right) q_1^n\right]\left(dq_1^n + dq_2^n\right) + P'\left(\cdot\right) dq_1^n = dK > 0 \\ \left[P'\left(\cdot\right) + P''\left(\cdot\right) q_2^n\right]\left(dq_1^n + dq_2^n\right) + P'\left(\cdot\right) dq_2^n = 0 \end{cases}$$

Ce qui donne

$$
\begin{aligned}
\frac{dq_1^n}{dK} &= \frac{2P'(Q^n)+P''(Q^n)\,q_2^n}{P'(Q^n)\,\Gamma'(Q^n)}<0\\
\frac{dq_2^n}{dK} &= -\frac{P'(Q^n)+P''(Q^n)\,q_2^n}{P'(Q^n)\,\Gamma'(Q^n)}>0\\
\frac{dQ^n}{dK} &= \frac{1}{\Gamma'(Q^n)}<0
\end{aligned}
$$

par hypothèse $\Gamma'(Q)\leq 0$. Dans le texte, on utilise le fait que $dK = dk + da$.

Annexe B. Résultats dans le cas linéaire $P(Q)=1-Q$

Tout d'abord dans ce cas linéaire si $Q, q_h > 0$ et $a, i, k < 1$

$$
\begin{aligned}
U(Q) &= Q-\frac{1}{2}Q^2 \text{ et } S(Q)=\frac{1}{2}Q^2\\
\pi_1^d &= (1-q_1-q_2-k-a)\,q_1\\
\pi_2^d &= (1-q_1-q_2-k-a)\,q_2\\
\pi_1^u &= (k-C_1^u(a,i))\,y_1\\
\pi_2^u &= (k-C_2^u(a,i))\,y_2\\
\pi^s &= aS+iI\\
\Pi_2 &= (1-q_1-q_2)\,q_2-(k-C_2^u(a,i))\,y_2\\
\Pi_1 &= (1-q_1-q_2-k)\,q_1+a\left(q_2-\sum\nolimits_{j\in J^s}y_j\right)+i\sum\nolimits_{j\in J^i}y_j
\end{aligned}
$$

$J^s=\{j|\,y_j<0\}$ et $J^i=\{j|\,y_j\geq 0\}$.

a. Benchmark (B)

1. *Equilibre aval* $\left(q_1^b, q_2^b\right)$

$$
\begin{aligned}
q_h^b &= \frac{1}{3}\left[1-(k+a)\right], h=1,2\\
Q^b &= \frac{2}{3}\left[1-(k+a)\right]\\
p^b &= \frac{1}{3}+\frac{2}{3}(k+a)
\end{aligned}
$$

La demande intermédiaire s'écrit donc

$$
\begin{aligned}
Y^b(k) &= Q^b(k)\\
k_b(Y) &= 1-a-\frac{3}{2}Y\\
\xi_b(Y) &= 2\frac{1-a}{3Y}-1
\end{aligned}
$$

2. *Equilibre amont* $\left(y_1^b, y_2^b\right)$ si $0 < a + i < 1$

$$\begin{aligned} y^b &= \frac{2}{9}(1-a-i) > 0 \\ Y^b &= \frac{4}{9}(1-a-i) \\ \xi_b\left(Y^b\right) &= \frac{1}{2} + \frac{3i}{1-a-i} > \frac{1}{2} \\ k_b\left(Y^b\right) &= \frac{1-a+2i}{3} \end{aligned}$$

3. Equilibre $\left(q_1^{b*}, q_2^{b*}, y_1^{b*}, y_2^{b*}\right)$

$$\begin{aligned} q_1^{b*} &= q_2^{b*} = y_1^{b*} = y_2^{b*} = \frac{2}{9}(1-a-i) \\ k^{b*} &= \frac{1-a+2i}{3} \text{ et } p^{b*} = \frac{5}{9} + \frac{4}{9}(a+i) \\ W^b &= U\left(Q^b\right) = \frac{4}{81}[7+2a+i](1-a-i) > 0 \end{aligned}$$

b. <u>Stockage Contraint (NS)</u>

1. *Equilibre aval* (q_1^n, q_2^n)

$$\begin{aligned} q_1^n &= \frac{1}{3}[1-2(k+a)] \text{ et } q_2^n = \frac{1}{3}(1+k+a) \\ Q^n &= \frac{1}{3}[2-(k+a)] \text{ et } p^n = \frac{1}{3}(1+k+a) \end{aligned}$$

La demande intermédiaire s'écrit donc

$$\begin{aligned} Y^n(k) &= q_1^n(k) \\ \widehat{k}(Y) &= \frac{1}{2} - a - \frac{3}{2}Y < k^b(Y),\ \forall (Y,a) \\ \widehat{\xi}(Y) &= \frac{1-2a}{3Y} - 1 < \xi_b(Y) \end{aligned}$$

2. *Equilibre amont* $(y_1^n, y_2^n) \geq \mathbf{0}$ donc $C_j^u(a,i) = i$

$$\begin{aligned} \pi_1^{un} &= \left[\widehat{k}(y_1+y_2) - i\right] y_1 = \left(\frac{1}{2} - a - i\right) y_1 - \frac{3}{2}(y_1+y_2) y_1 \\ \pi_{1|y_2=0}^n &= \left(\frac{1}{2} - a - i - \frac{3}{2}y_1\right) y_1 \\ \Pi_2^n &= P\left(Q^n\left(\widehat{k}(y_1+y_2)\right)\right) q_2^n\left(\widehat{k}(y_1+y_2)\right) + \left[\widehat{k}(y_1+y_2) - C_j^u(a,i)\right] y_2 \\ &= \frac{1}{9}\left(1+\widehat{k}(y_1+y_2)+a\right)^2 + \left[\widehat{k}(y_1+y_2) - i\right] y_2 \\ &= \frac{1}{4}(1-y_1-y_2)^2 + \left(\frac{1}{2} - a - i\right) y_2 - \frac{3}{2}(y_1+y_2) y_2 \\ \Pi_{2|y_2=0}^n &= \frac{1}{4}(1-y_1)^2 \end{aligned}$$

En différentiant, on a

$$\frac{\partial \pi_1^{un}}{\partial y_1} = -3y_1 + \frac{1}{2} - a - i \Leftrightarrow y_1^n = \frac{1}{6}[1-2(a+i)] \geq 0$$

Alors

$$\begin{aligned} Y^n &= y_1^n = \frac{1}{6}\left[1-2\left(a+i\right)\right] \\ \widehat{k}\left(Y^n\right) &= \frac{1}{4}\left[1-2\left(a-i\right)\right] > 0 \\ \widehat{\xi}\left(Y^n\right) &= \frac{1-2\left(a-i\right)}{1-2\left(a+i\right)} \end{aligned}$$

3. *Equilibre* $\left(q_1^{n*}, q_2^{n*}, y_1^{n*}, y_2^{n*}\right)$ si $0 \leq a+i \leq 1/2$

$$\begin{aligned} y_1^{n*} &= \frac{1}{6}\left[1-2\left(a+i\right)\right] \text{ et } y_2^{n*} = 0 \\ q_1^{n*} &= y_1^{n*} = \frac{1}{6}\left[1-2\left(a+i\right)\right] \text{ et } q_2^{n*} = \frac{1}{6}\left(\frac{5}{2}+a+i\right) \\ k^{n*} &= \frac{1}{4}\left[1-2\left(a-i\right)\right] \text{ et } p^{n*} = \frac{1}{6}\left(\frac{5}{2}+a+i\right) \\ W^n &= U\left(Q^{n*}\right) = \frac{1}{228}\left[17+2\left(a+i\right)\right]\left[7-2\left(a+i\right)\right] \end{aligned}$$

en revanche si $a+i > 1/2$ alors on a l'équilibre $\left(q_1^{n*}, q_2^{n*}, y_1^{n*}, y_2^{n*}\right) = \left(0, \frac{1}{2}, 0, 0\right)$.

c. Accès des Tiers au Stockage Séparé (S)

L'équilibre aval est identique au NS $\left(q_1^s, q_2^s\right) = \left(q_1^n, q_2^n\right)$. A l'équilibre amont $\left(y_1^s, y_2^s\right)$

$$\begin{aligned} \pi_1^{us} &= \left(\widehat{k}\left(y_1+y_2\right) - C_1^u\left(a,i\right)\right) y_1 = \left(\frac{1}{2} - a - C_1^u\left(a,i\right)\right) y_1 - \frac{3}{2}\left(y_1+y_2\right) y_1 \\ \Pi_2^s &= P\left(Q^n\left(\widehat{k}\left(y_1+y_2\right)\right)\right) q_2^n\left(\widehat{k}\left(y_1+y_2\right)\right) + \left[\widehat{k}\left(y_1+y_2\right) - C_2^u\left(a,i\right)\right] y_2 \\ &= \frac{1}{4}\left(1-y_1-y_2\right)^2 + \left(\frac{1}{2} - a - C_2^u\left(a,i\right)\right) y_2 - \frac{3}{2}\left(y_1+y_2\right) y_2 \end{aligned}$$

En différentiant, on a à l'équilibre de Nash

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_1^{us}}{\partial y_1} &= -3y_1 - \frac{3}{2}y_2 + \frac{1}{2} - a - C_1^u\left(a,i\right) = 0 \\ \frac{\partial \Pi_2^s}{\partial y_2} &= -y_1 - \frac{5}{2}y_2 - a - C_2^u\left(a,i\right) = 0 \end{aligned}$$

On voit bien que $y_j < 0$ ne peux pas être un équilibre car dans ce cas $C_j^u\left(a,i\right) = -a$ et on a la contradiction

$$\left\{\begin{array}{l} \frac{\partial \pi_1^{us}}{\partial y_1} = -3y_1 - \frac{3}{2}y_2 + \frac{1}{2} = 0 \\ \frac{\partial \Pi_2^s}{\partial y_2} = -y_1 - \frac{5}{2}y_2 = 0 \end{array}\right. \Leftrightarrow \left\{\begin{array}{l} y_1 = \frac{5}{24} \not< 0 \\ y_2 = -\frac{1}{12} < 0 \end{array}\right.$$

De même si $y_1 < 0$ et $y_2 \geq 0$ ne peux conduire à un équilibre car dans ce cas $C_1^u\left(a,i\right) = -a$, $C_2^u\left(a,i\right) = i$ et on a les contradictions

$$\left\{\begin{array}{l} \frac{\partial \pi_1^{un}}{\partial y_1} = -3y_1 - \frac{3}{2}y_2 + \frac{1}{2} = 0 \\ \frac{\partial \Pi_2^n}{\partial y_2} = -y_1 - \frac{5}{2}y_2 - \left(a+i\right) = 0 \end{array}\right. \Leftrightarrow \left\{\begin{array}{l} y_1 = \frac{5+6\left(a+i\right)}{24} \not< 0 \\ y_2 = -\frac{1+6\left(a+i\right)}{12} \not> 0 \end{array}\right.$$

Donc (comme anticipé dans le cas général) $y_1^s > 0$ à l'équilibre S, ce qui implique $C_1^u(a,i) = i$ et donc

$$\begin{cases} -3y_1 - \frac{3}{2}y_2 + \frac{1}{2} - (a+i) = 0 \\ -y_1 - \frac{5}{2}y_2 - a - C_2^u(a,i) = 0 \end{cases}$$

Là encore, le cas où $y_2^s > 0$ est contradictoire car dans ce cas $C_2^u(a,i) = i$ et

$$\begin{cases} -3y_1 - \frac{3}{2}y_2 + \frac{1}{2} - (a+i) = 0 \\ -y_1 - \frac{5}{2}y_2 - (a+i) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y_1 = \frac{5-4(a+i)}{24} \\ y_2 = -\frac{1+4(a+i)}{12} \ngtr 0 \end{cases}$$

Ainsi à l'équilibre de Cournot en amont est donné par $y_1^s > 0$ et $y_2^s \leq 0$ et vérifie

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi_1^{us}}{\partial y_1} = -3y_1 - \frac{3}{2}y_2 + \frac{1}{2} - (a+i) = 0 \\ \frac{\partial \Pi_2^s}{\partial y_2} = -y_1 - \frac{5}{2}y_2 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y_1^s = \frac{5}{24}(1-2(a+i)) \geq 0 \\ y_2^s = -\frac{1}{12}(1-2(a+i)) \leq 0 \end{cases}$$

Ainsi si $a+i > \frac{1}{2}$ alors l'équilibre est nul $y_j^s = 0$.
Dans le cas où $0 \leq a+i \leq \frac{1}{2}$

$$\begin{aligned} Y^s &= y_1^s + y_2^s = \frac{1}{8}[1-2(a+i)] \\ \widehat{k}(Y^s) &= \frac{5}{16}\left(1-2a+\frac{6}{5}i\right) \\ \widehat{\xi}(Y^s) &= \frac{5}{3}\frac{1-2a+\frac{6}{5}i}{1-2(a+i)} > \frac{5}{3} \end{aligned}$$

Equilibre $(q_1^{s*}, q_2^{s*}, y_1^{s*}, y_2^{s*})$ si $0 \leq a+i \leq \frac{1}{2}$

$$\begin{aligned} y_1^{s*} &= \frac{5}{24}(1-2(a+i)) \text{ et } y_2^{s*} = -\frac{1}{12}(1-2(a+i)) \\ q_1^{s*} &= Y^{s*} = \frac{1}{8}[1-2(a+i)] \text{ et } q_2^{s*} = \frac{1}{16}[7+2(a+i)] \\ k^{s*} &= \frac{5}{16}\left(1-2a+\frac{6}{5}i\right) \text{ et } p^{s*} = \frac{1}{8}[7+2(a+i)] \\ W^s &= U(Q^{s*}) = \frac{1}{512}[23+2(a+i)][9-2(a+i)] \end{aligned}$$

Si $a+i > \frac{1}{2}$ alors $(q_1^{s*}, q_2^{s*}, y_1^{s*}, y_2^{s*}) = (q_1^{n*}, q_2^{n*}, y_1^{n*}, y_2^{n*})$.

d. Accès des Tiers au Stockage Intégré (I)

1. *Equilibre aval* (q_1^i, q_2^i)

$$\begin{aligned} q_1^i &= \frac{1}{3}(1-2k) \text{ et } q_2^i = \frac{1}{3}(1+k) \\ Q^i &= \frac{1}{3}[2-k] \text{ et } p^i = \frac{1}{3}(1+k) \end{aligned}$$

La demande intermédiaire s'écrit

$$\begin{aligned} Y^i(k) &= q_1^i(k) \\ \widetilde{k}(Y) &= \frac{1}{2} - \frac{3}{2}Y \text{ et } \forall Y, \widetilde{k}(Y) > \widehat{k}(Y) \\ \widetilde{\xi}(Y) &= \frac{1}{3Y} - 1 \end{aligned}$$

2. *Equilibre amont* (y_1^i, y_2^i)

$$\begin{aligned}
\pi_1^{ui} &= \left(\widetilde{k}(y_1+y_2) - C_1^u(a,i)\right) y_1 = \left(\frac{1}{2} - C_1^u(a,i)\right) y_1 - \frac{3}{2}(y_1+y_2) y_1 \\
\Pi_2^i &= P\left(Q^i\left(\widetilde{k}(y_1+y_2)\right)\right) q_2^i\left(\widetilde{k}(y_1+y_2)\right) + \left[\widetilde{k}(y_1+y_2) - C_2^u(a,i)\right] y_2 \\
&= \frac{1}{4}(1-y_1-y_2)^2 + \left(\frac{1}{2} - -C_2^u(a,i)\right) y_2 - \frac{3}{2}(y_1+y_2) y_2
\end{aligned}$$

En différentiant, on a à l'équilibre de Nash

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \pi_1^{ui}}{\partial y_1} &= -3y_1 - \frac{3}{2}y_2 + \frac{1}{2} - C_2^u(a,i) = 0 \\
\frac{\partial \Pi_2^i}{\partial y_2} &= -y_1 - \frac{5}{2}y_2 - C_2^u(a,i) = 0
\end{aligned}$$

De manière analogique avec les développements de la situation S (cf. c ci-dessus), l'équilibre de Cournot en amont est caractérisé par $y_1^i > 0$ et $y_2^i \leq 0$ et vérifie donc

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi_1^{ui}}{\partial y_1} = -3y_1 - \frac{3}{2}y_2 + \frac{1}{2} - i = 0 \\ \frac{\partial \Pi_2^i}{\partial y_2} = -y_1 - \frac{5}{2}y_2 + a = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} y_1^i = \frac{5}{24}\left(1 - \frac{6}{5}a - 2i\right) > 0 \\ y_2^i = -\frac{1}{12}(1-6a-2i) \leq 0 \end{cases}$$

Ces productions ne constituent un équilibre que si

$$0 \leq a + \frac{1}{3}i \leq \frac{1}{6} \Leftrightarrow a \leq \widehat{a}(i) = \frac{1}{6} - \frac{1}{3}i$$

Dans le cas où $a + \frac{1}{3}i > \frac{1}{6}$ et $a + \frac{5}{3}i \leq \frac{5}{6}$ (donc si $i \leq \frac{1}{2}$) alors l'équilibre est en coin à savoir

$$y_1^i = \frac{1}{6} - \frac{1}{3}i \text{ et } y_2^i = 0 \text{ si } \widehat{a}(i) < a \leq \widetilde{a}(i) = \frac{5}{6} - \frac{5}{3}i$$

Enfin dans le cas où $a + \frac{5}{3}i > \frac{5}{6}$ (donc si $i > \frac{1}{2}$) alors l'équilibre est nul $y_j^i = 0$.

3. Equilibre $(q_1^{i*}, q_2^{i*}, y_1^{i*}, y_2^{i*})$

   (a) si $0 \leq a + \frac{1}{3}i \leq \frac{1}{6}$

$$\begin{aligned}
y_1^{i*} &= \frac{5}{24}\left(1 - \frac{6}{5}a - 2i\right) \text{ et } y_2^{i*} = -\frac{1}{12}(1-6a-2i) \\
q_1^{i*} &= Y^{i*} = \frac{1}{8}[1-2(a-i)] \text{ et } q_2^{i*} = \frac{1}{16}[7-2(a-i)] \\
k^{i*} &= \frac{5}{16} - \frac{3}{8}(a-i) \text{ et } p^{i*} = \frac{1}{16}[7-2(a-i)] \\
W^i &= U\left(Q^{i*}\right) = \frac{1}{512}[23-2(a-i)][9-2(a+i)]
\end{aligned}$$

   (b) si $a + \frac{1}{3}i > \frac{1}{6}$ et $a + \frac{5}{3}i \leq \frac{5}{6}$ (donc si $i \leq \frac{1}{2}$) : $(q_1^{i*}, q_2^{i*}, y_1^{i*}, y_2^{i*})$

$$\begin{aligned}
y_1^{i*} &= \frac{1}{6}(1-2i) \text{ et } y_2^{i*} = 0 \\
q_1^{i*} &= Y^{i*} = \frac{1}{6}(1-2i) \text{ et } q_2^{i*} = \frac{1}{12}(5+2i) \\
k^{i*} &= \frac{1}{4}(1+2i) \text{ et } p^{i*} = \frac{1}{12}(5+2i) \\
W^i &= U\left(Q^{i*}\right) = \frac{1}{288}(17+2i)(7-2i)
\end{aligned}$$

   (c) si $a + \frac{5}{3}i > \frac{5}{6}$: $(q_1^{i*}, q_2^{i*}, y_1^{i*}, y_2^{i*}) = \left(0, \frac{1}{2}, 0, 0\right)$.

On notera que pour $i \in [0,1]$, $\max\{\widehat{a}(i), 0\} < \max\left\{\frac{1}{2} - i, 0\right\} < \max\{\widetilde{a}(i), 0\} < 1 - i$.

Annexe C. Comparaisons dans le cas linéaire

On compare les équilibres dans le domaine le plus large à savoir $0 \leq a + i \leq 1$.

1. Comparaisons des *productions en amont*

   (a) **Producteur j = 1**
   Si $0 \leq a \leq \widehat{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned} y_1^{b*} - y_1^{i*} &= \frac{1}{72}(1 + 2a + 14i) > 0 \\ y_1^{i*} - y_1^{s*} &= \frac{1}{6}a > 0 \\ y_1^{s*} - y_1^{n*} &= \frac{1}{24}[1 - 2(a+i)] > 0 \\ &\Rightarrow \quad y_1^{b*} > y_1^{i*} > y_1^{s*} > y_1^{n*} \end{aligned}$$

   Si $\widehat{a}(i) < a \leq \frac{1}{2} - i < \widetilde{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned} y_1^{b*} - y_1^{i*} &= \frac{1}{18}(1 - 4a + 2i) \gtreqless 0 \text{ si } a \lesseqgtr \overline{a}(i) \text{ pour } i \in \left[0, \frac{1}{6}\right] \text{ et où } \overline{a}(i) = \frac{1+2i}{4} \\ y_1^{b*} - y_1^{i*} &= \frac{1}{18}(1 - 4a + 2i) > 0 \text{ si } \overline{a}(i) < a \leq \frac{1}{2} - i \text{ pour } i \in \left[\frac{1}{6}, \frac{1}{2}\right] \\ y_1^{i*} - y_1^{s*} &> 0 \text{ car } a > \widehat{a}(i) > \frac{1-2i}{10} \text{ où } y_1^{i*} = y_1^{s*} \text{ si } a = \frac{(1-2i)}{10} \\ y_1^{s*} - y_1^{n*} &= \frac{1}{24}[1 - 2(a+i)] > 0 \\ &\Rightarrow \quad y_1^{b*} \gtreqless y_1^{i*} > y_1^{s*} > y_1^{n*} \text{ si } a \lesseqgtr \overline{a}(i) \end{aligned}$$

   Si $\frac{1}{2} - i < a \leq \widetilde{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned} y_1^{b*} - y_1^{i*} &= \frac{1}{18}(1 - 4a + 2i) \gtreqless 0 \text{ si } a \lesseqgtr \overline{a}(i) \text{ pour } i \in \left[0, \frac{1}{6}\right] \text{ et où } \overline{a}(i) = \frac{1+2i}{4} \\ y_1^{i*} &> y_1^{s*} = y_1^{n*} = 0 \end{aligned}$$

   Si $\widetilde{a}(i) < a < 1 - i$ alors

$$y_1^{b*} - y_1^{i*} = y_1^{b*} > 0 = y_1^{i*} = y_1^{s*} = y_1^{n*}$$

   (b) **Producteur j = 2 ou intégré**
   Si $0 \leq a \leq \widehat{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned} y_2^{b*} - y_2^{n*} &= y_2^{b*} > 0 \\ y_2^{n*} - y_2^{i*} &= -y_2^{i*} < 0 \\ y_2^{i*} - y_2^{s*} &= \frac{1}{3}a > 0 \\ &\Rightarrow \quad y_2^{b*} > y_2^{n*} = 0 > y_2^{i*} > y_2^{s*} \end{aligned}$$

Si $\widehat{a}(i) < a \leq \widetilde{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned}
y_2^{b*} - y_2^{n*} &= y_2^{b*} > 0 \\
y_2^{n*} &= y_2^{i*} = 0 \\
0 - y_2^{s*} &= -y_2^{s*} \geq 0 \\
&\Rightarrow y_2^{b*} > y_2^{n*} = y_2^{i*} = 0 \geq y_2^{s*}
\end{aligned}$$

Si $\widetilde{a}(i) < a < 1 - i$ alors

$$y_2^{b*} > y_2^{n*} = y_2^{i*} = y_2^{s*} = 0$$

(c) **Offre nette globale**

Si $0 \leq a \leq \widehat{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned}
Y^{b*} - Y^{n*} &> 0 \text{ car } y_j^{b*} - y_j^{n*} > 0, j = 1, 2 \\
Y^{b*} - Y^{i*} &> 0 \text{ car } y_j^{b*} - y_j^{i*} > 0, j = 1, \\
Y^{n*} - Y^{s*} &= \frac{1}{24}\left[1 - 2(a + i)\right] > 0 \\
Y^{i*} - Y^{s*} &= \frac{1}{2}a > 0 \\
Y^{n*} - Y^{i*} &= \frac{1}{24}(1 - 14a - 2i) \gtreqless 0 \text{ si } a \lesseqgtr \underline{a}(i) = \frac{1 - 2i}{14} < \widehat{a}(i) \\
&\Rightarrow Y^{b*} > Y^{i*} \lesseqgtr Y^{n*} > Y^{s*} \text{ si } a \lesseqgtr \underline{a}(i)
\end{aligned}$$

Si $\widehat{a}(i) < a \leq \frac{1}{2} - i$ alors

$$\begin{aligned}
Y^{b*} - Y^{n*} &> 0 \text{ car } y_j^{b*} - y_j^{n*} > 0, j = 1, 2 \\
Y^{b*} - Y^{i*} &= \frac{5}{18}(1 - 8a - 2i) > 0 \\
Y^{n*} - Y^{s*} &= \frac{1}{24}\left[1 - 2(a + i)\right] > 0 \\
Y^{i*} - Y^{s*} &= \frac{1}{24}(1 + 6a - 2i) > 0 \\
Y^{i*} - Y^{n*} &= \frac{1}{3}a > 0 \\
&\Rightarrow Y^{b*} > Y^{i*} > Y^{n*} > Y^{s*}
\end{aligned}$$

Si $\frac{1}{2} - i < a \leq \widetilde{a}(i)$ alors

$$Y^{b*} > Y^{i*} > Y^{n*} = Y^{s*} = 0$$

Si $\widetilde{a}(i) < a < 1 - i$ alors

$$Y^{b*} > Y^{i*} = Y^{n*} = Y^{s*} = 0$$

2. Comparaisons des *productions en aval*

(a) **Distributeur $\mathbf{h = 1}$**

Si $0 \leq a \leq \widehat{a}(i)$ alors

$$q_1^{b*} - q_1^{i*} = \frac{1}{72}(7 - 34a + 2i) > 0 \text{ car } a \leq \widehat{a}(i) < \frac{7 + 2i}{34}$$

et en invoquant le fait qu'à l'équilibre $q_1^{k*} = Y^{k*}$ pour $k = n, s, i$ d'où

$$q_1^{b*} > q_1^{i*} \gtreqless q_1^{n*} > q_1^{s*} \text{ si } a \lesseqgtr \underline{a}(i)$$

Idem si $\widehat{a}(i) < a \leq \widetilde{a}(i)$ et alors

$$q_1^{b*} > q_1^{i*} > q_1^{n*} \geq q_1^{s*} \geq 0$$

Si $\widetilde{a}(i) < a < 1 - i$ alors

$$q_1^{b*} > q_1^{i*} = q_1^{n*} = q_1^{s*} = 0$$

(b) **Distributeur h = 2 ou firme intégrée**

Si $0 \leq a \leq \widehat{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned}
q_2^{s*} - q_2^{i*} &= \frac{1}{4}a > 0 \\
q_2^{i*} - q_2^{b*} &= \frac{1}{144}(17 + 14a + 50i) > 0 \\
q_2^{n*} - q_2^{b*} &= \frac{7}{36}[1 + 2(a + i)] > 0 \\
q_2^{i*} - q_2^{n*} &= \frac{1}{48}(1 - 14a - 2i) \gtreqless 0 \text{ si } a \gtreqless \underline{a}(i) \\
&\Rightarrow q_2^{s*} > q_2^{n*} \gtreqless q_2^{i*} > q_2^{b*} \text{ si } a \lesseqgtr \underline{a}(i)
\end{aligned}$$

Si $\widehat{a}(i) < a \leq \frac{1}{2} - i$ alors

$$\begin{aligned}
q_2^{n*} - q_2^{b*} &= \frac{7}{36}[1 + 2(a + i)] > 0 \\
q_2^{s*} - q_2^{n*} &= \frac{1}{48}[1 - 2(a + i)] > 0 \\
q_2^{i*} - q_2^{b*} &= \frac{1}{36}(7 + 14i + 8a) > 0 \\
q_2^{i*} - q_2^{n*} &= -\frac{1}{6}a < 0 \\
&\Rightarrow q_2^{s*} > q_2^{n*} > q_2^{i*} > q_2^{b*}
\end{aligned}$$

Si $\frac{1}{2} - i < a \leq \widetilde{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned}
q_2^{n*} - q_2^{b*} &= \frac{1}{18}[5 + 4(a + i)] > 0 \\
q_2^{s*} &= q_2^{n*} = \frac{1}{2} \\
q_2^{i*} - q_2^{b*} &= \frac{1}{36}(7 + 14i + 8a) > 0 \\
q_2^{i*} - q_2^{n*} &= -\frac{1}{12}(1 - 2i) < 0 \\
&\Rightarrow q_2^{s*} > q_2^{n*} > q_2^{i*} > q_2^{b*}
\end{aligned}$$

Si $\widetilde{a}(i) < a < 1 - i$ alors

$$q_2^{i*} = q_2^{n*} = q_2^{s*} = \frac{1}{2} > q_2^{b*}$$

(c) **Offre globale en aval**

Si $0 \leq a \leq \widehat{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned} Q^{i*} - Q^{s*} &= \frac{1}{4}a > 0 \\ Q^{s*} - Q^{b*} &= \frac{1}{144}\left[31 + 56(a+i)\right] > 0 \\ Q^{n*} - Q^{i*} &= \frac{1}{48}(1 - 14a - 2i) \gtrless 0 \text{ si } a \lesseqgtr \underline{a}(i) \\ &\Rightarrow Q^{n*} \gtrless Q^{i*} > Q^{s*} > Q^{b*} \text{ si } a \lesseqgtr \underline{a}(i) \end{aligned}$$

Si $\widehat{a}(i) < a \leq \frac{1}{2} - i$ et alors

$$\begin{aligned} Q^{i*} - Q^{s*} &= \frac{1}{48}(1 + 6a - 2i) > 0 \\ Q^{s*} - Q^{b*} &= \frac{1}{144}\left[31 + 56(a+i)\right] > 0 \\ Q^{n*} - Q^{i*} &= -\frac{1}{6}a < 0 \\ &\Rightarrow Q^{i*} > Q^{n*} > Q^{s*} > Q^{b*} \end{aligned}$$

Si $\frac{1}{2} - i < a \leq \widetilde{a}(i)$ et alors

$$\begin{aligned} Q^{n*} &= Q^{s*} = \frac{1}{2} \\ Q^{i*} - Q^{s*} &= \frac{1}{12}(1 - 2i) > 0 \\ Q^{s*} - Q^{b*} &= \frac{1}{18}(1 + 8(a+i)) > 0 \\ &\Rightarrow Q^{i*} > Q^{n*} > Q^{s*} > Q^{b*} \end{aligned}$$

Si $\widetilde{a}(i) < a < 1 - i$ alors

$$Q^{i*} = Q^{n*} = Q^{s*} = \frac{1}{2} > Q^{b*}$$

3. Comparaisons des *prix intermédiaires*

Si $0 \leq a \leq \widehat{a}(i)$ alors

$$\begin{aligned} k^{b*} - k^{i*} &= \frac{1}{48}(1 + 2a + 14i) > 0 \\ k^{i*} - k^{s*} &= \frac{1}{4}a > 0 \\ k^{s*} - k^{n*} &= \frac{1}{16}\left[1 - 2(a+i)\right] > 0 \text{ car } \widehat{a}(i) < \frac{1-2i}{2} \\ &\Rightarrow k^{n*} < k^{s*} < k^{i*} < k^{b*} \end{aligned}$$

Si $\widehat{a}(i) < a \leq \frac{1}{2} - i$ et alors

$$\begin{aligned} k^{b*} - k^{i*} &= \frac{1}{12}(1 - 4a + 2i) \gtrless 0 \text{ si } a \lesseqgtr \overline{a}(i) \text{ soit pour } i \in \left[0, \frac{1}{6}\right] \\ k^{i*} - k^{s*} &= \frac{1}{16}(10a + 2i - 1) > 1 \text{ car } \frac{1-2i}{10} < \widehat{a}(i)\text{, pour } i \in \left[0, \frac{1}{2}\right] \\ k^{s*} - k^{n*} &= \frac{1}{16}\left[1 - 2(a+i)\right] > 0 \text{ car } \widetilde{a}(i) < \frac{1-2i}{2} \\ &\Rightarrow k^{n*} < k^{s*} < k^{i*} \gtrless k^{b*} \end{aligned}$$

4. Comparaisons des *prix finals.* Une particularité du modèle est que le prix final est identique à la valeur q_2^{k*}, $k = n, s, i$. Cf. point 2. ci-dessus. De plus, $p^{k*} = P\left(Q^{k*}\right) \equiv q_2^{k*}$.

LISTE DES CAHIERS DE RECHERCHE CREDEN[*]

95.01.01	*Eastern Europe Energy and Environment : the Cost-Reward Structure as an Analytical Framework in Policy Analysis* Corazón M. SIDDAYAO
96.01.02	*Insécurité des Approvisionnements Pétroliers, Effet Externe et Stockage Stratégique : l'Aspect International* Bernard SANCHEZ
96.02.03	*R&D et Innovations Technologiques au sein d'un Marché Monopolistique d'une Ressource Non Renouvelable* Jean-Christophe POUDOU
96.03.04	*Un Siècle d'Histoire Nucléaire de la France* Henri PIATIER
97.01.05	*Is the Netback Value of Gas Economically Efficient ?* Corazón M. SIDDAYAO
97.02.06	*Répartitions Modales Urbaines, Externalités et Instauration de Péages : le cas des Externalités de Congestion et des «Externalités Modales Croisées»* François MIRABEL
97.03.07	*Pricing Transmission in a Reformed Power Sector : Can U.S. Issues Be Generalized for Developing Countries* Corazón M. SIDDAYAO
97.04.08	*La Dérégulation de l'Industrie Electrique en Europe et aux Etats-Unis : un Processus de Décomposition-Recomposition* Jacques PERCEBOIS
97.05.09	*Externalité Informationnelle d'Exploration et Efficacité Informationnelle de l'Exploration Pétrolière* Evariste NYOUKI
97.06.10	*Concept et Mesure d'Equité Améliorée : Tentative d'Application à l'Option Tarifaire "Bleu-Blanc-Rouge" d'EDF* Jérôme BEZZINA
98.01.11	*Substitution entre Capital, Travail et Produits Energétiques : Tentative d'application dans un cadre international* Bachir EL MURR
98.02.12	*L'Interface entre Secteur Agricole et Secteur Pétrolier : Quelques Questions au Sujet des Biocarburants* Alain MATHIEU
98.03.13	*Les Effets de l'Intégration et de l'Unification Économique Européenne sur la Marge de Manœuvre de l'État Régulateur* Agnès d'ARTIGUES
99.09.14	*La Réglementation par Price Cap : le Cas du Transport de Gaz Naturel au Royaume Uni* Laurent DAVID
99.11.15	*L'Apport de la Théorie Économique aux Débats Énergétiques* Jacques PERCEBOIS
99.12.16	*Les biocombustibles : des énergies entre déclin et renouveau* Alain MATHIEU
00.05.17	*Structure du marché gazier américain, réglementation et tarification de l'accès des tiers au réseau* Laurent DAVID et François MIRABEL
00.09.18	*Corporate Realignments in the Natural Gas Industry : Does the North American Experience Foretell the Future for the European Union ?* Ian RUTLEDGE et Philip WRIGHT
00.10.19	*La décision d'investissement nucléaire : l'influence de la structure industrielle* Marie-Laure GUILLERMINET

[*] L'année de parution est signalée par les deux premiers chiffres du numéro du cahier.

01.01.20	*The industrialization of knowledge in life sciences Convergence between public research policies and industrial strategies* Jean Pierre MIGNOT et Christian PONCET
01.02.21	*Les enjeux du transport pour le gaz et l'électricité : la fixation des charges d'accès* Jacques PERCEBOIS et Laurent DAVID
01.06.22	*Les comportements de fraude fiscale : le face-à-face contribuables – Administration fiscale* Cécile BAZART
01.06.23	*La complexité du processus institutionnel de décision fiscale : causes et conséquences* Cécile BAZART
01.09.24	*Droits de l'homme et justice sociale. Une mise en perspective des apports de John Rawls et d'Amartya Sen* David KOLACINSKI
01.10.25	*Compétition technologique, rendements croissants et lock-in dans la production d'électricité d'origine solaire photovoltaïque* Pierre TAILLANT
02.01.26	*Harmonisation fiscale et politiques monétaires au sein d'une intégration économique* Bachir EL MURR
02.06.27	*De la connaissance académique à l'innovation industrielle dans les sciences du vivant : essai d'une typologie organisationnelle dans le processus d'industrialisation des connaissances* Christian PONCET
02.06.28	*Efforts d'innovations technologiques dans l'oligopole minier* Jean-Christophe POUDOU
02.06.29	*Why are technological spillovers spatially bounded ? A market orientated approach* Edmond BARANES et Jean-Philippe TROPEANO
02.07.30	*Will broadband lead to a more competitive access market ?* Edmond BARANES et Yves GASSOT
02.07.31	*De l'échange entre salaire et liberté chez Adam Smith au « salaire équitable » d'Akerlof* David KOLACINSKI
02.07.32	*Intégration du marché Nord-Américain de l'énergie* Alain LAPOINTE
02.07.33	*Funding for Universal Service Obligations in Electricity Sector : the case of green power development* Pascal FAVARD, François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU
02.09.34	*Démocratie, croissance et répartition des libertés entre riches et pauvres* David KOLACINSKI
02.09.35	*La décision d'investissement et son financement dans un environnement institutionnel en mutation : le cas d'un équipement électronucléaire* Marie-Laure GUILLERMINET
02.09.36	*Third Party Access pricing to the network, secondary capacity market and economic optimum : the case of natural gas* Laurent DAVID et Jacques PERCEBOIS
03.10.37	*Competition And Mergers In Networks With Call Externalities* Edmond BARANES et Laurent FLOCHEL
03.10.38	*Mining and Incentive Concession Contracts* Nguyen Mahn HUNG, Jean-Christophe POUDOU et Lionel THOMAS
03.11.39	*Une analyse économique de la structure verticale sur la chaîne gazière européenne* Edmond BARANES, François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU
03.11.40	*Ouverture à la concurrence et régulation des industries de réseaux : le cas du gaz et de l'électricité. Quelques enseignements au vu de l'expérience européenne* Jacques PERCEBOIS
03.11.41	*Mechanisms of Funding for Universal Service Obligations: the Electricity Case* François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU
03.11.42	*Stockage et Concurrence dans le secteur gazier* Edmond BARANES, François MIRABEL et Jean-Christophe POUDOU